

## CONTRIBUIÇÃO PARA A AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS TRADICIONAIS PORTUGUESES

**Sandra Pereira<sup>1,2</sup>, Jorge Pinto<sup>1,3</sup>, Tiago Teixeira<sup>1</sup>, Vítor M.C.F. Cunha<sup>1,4</sup> e Anabela Paiva<sup>1,2</sup>**

1: Departamento de Engenharias  
Escola de Ciências e Tecnologia  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro  
Quinta de Prados, 5000 Vila Real  
e-mail: {vcunha,tiago,spereira,apaiva}@utad.pt, web: <http://www.utad.pt>

2: C-MADE - Centre of Materials and Building Technologies  
Universidade da Beira Interior  
Calçada Fonte do Lameiro, 6200-358 Covilhã  
e-mail: {spereira,apaiva}@utad.pt, web: <http://www.cmade.ubi.pt>

3: I3N - the Institute of Nanostructures, Nanomodelling and Nanofabrication  
Departamento de Física  
Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro  
e-mail: [tiago@utad.pt](mailto:tiago@utad.pt), web: <http://www.i3n.org>

4: ISISE - Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Estruturas de Engenharia  
Universidade do Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães  
e-mail: [vcunha@utad.pt](mailto:vcunha@utad.pt), web: <http://www.isise.net>

**Palavras-chave:** Edifícios tradicionais, construção em xisto, construção em tabique, construção em granito, comportamento térmico, sustentabilidade

**Resumo.** *Os edifícios tradicionais portugueses apresentam especificidades técnicas locais. O clima e os materiais de construção disponíveis localmente são fatores condicionantes dessas especificidades. Por exemplo, os edifícios tradicionais algarvios, as açoteias, têm a cobertura em terraço e são pintados de branco. Por sua vez, os edifícios de xisto e de tabique do Alto Douro têm a cobertura inclinada com beirais e vãos de pequenas dimensões. Os edifícios de granito e de tabique das regiões de Trás-os-Montes e do Minho também têm coberturas inclinadas com beirais. Contudo, com o fenómeno da globalização, tem havido uma tendência de uniformização dos padrões construtivos e as especificidades locais parecem ter vindo a ser negligenciadas. O aparecimento de problemas ambientais resultantes, em grande parte, da emissão de gases de efeito de estufa para a atmosfera provenientes do aumento do consumo energético nos edifícios implica a adoção de medidas conducentes à redução desse consumo. Pensa-se que o conhecimento das características técnicas dos edifícios tradicionais de cada região poderá contribuir para minimizar este consumo e tornar assim os edifícios novos ou os edifícios a reabilitar mais eficientes energeticamente e, implicitamente, mais sustentáveis. Neste sentido, foi desenvolvida uma metodologia experimental, para avaliar o coeficiente de transmissão térmica de elementos construtivos de edifícios, passível de ser aplicada “in situ” e em laboratório. Esta metodologia permite uma monitorização contínua desse desempenho térmico durante vários dias e em condições termo higrométricas reais. Nesta comunicação serão apresentados alguns dos resultados obtidos através da aplicação desta metodologia a elementos construtivos e materiais existentes nos edifícios tradicionais da região de Trás-os-Montes e Alto Douro.*

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto atual económico, todas as medidas conducentes a uma redução de custos são importantes. A energia é um bem precioso. Os países que não são energeticamente autossuficientes têm que fazer um esforço adicional para encontrar soluções energeticamente mais eficientes. Conjugando a problemática energética com o imperativo da sustentabilidade e os padrões de qualidade espectáveis das sociedades desenvolvidas, resulta num complexo paradigma. Este paradigma também se aplica ao sector da construção civil. Usufruir de uma habitação confortável, de baixo consumo energético e “amiga” do ambiente poderá ser uma solução ideal neste contexto. Contudo, esta solução também poderá ser muito difícil de concretizar. Face ao exposto, pensa-se que as soluções construtivas eficientes termicamente permitirão contribuir de forma direta para as soluções construtivas eficientes energeticamente. Neste sentido, as construções tradicionais poderão estar enquadradas nestes requisitos, total ou parcialmente, tendo em conta que são construídas com materiais locais e de forma a estarem adaptadas às condições termo higrométricas locais. O conhecimento dos detalhes construtivos deste tipo de construção poderá ser muito valioso quer para processos de reabilitação, quer para a construção nova, quer na busca de soluções construtivas inovadoras de baixo custo e sustentáveis. Este trabalho de investigação dá um especial enfoque às construções tradicionais existentes no Norte de Portugal e, mais especificamente, às construções tradicionais dominantes na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, das quais se destacam as construções em granito, as construções em xisto e as construções em tabique. Alguns detalhes construtivos destas construções que poderão influenciar o desempenho térmico destes edifícios são divulgados. Paralelamente, uma metodologia experimental de avaliação de comportamento térmico de elementos construtivos também será apresentada e a sua aplicabilidade será sumariamente discutida. Alguns casos de estudo onde esta metodologia experimental foi aplicada com sucesso também serão referenciados.

## 2. CONTEXTO

Os edifícios tradicionais apresentam especificidades técnicas construtivas locais. A morfologia do terreno onde estão implantados, o clima da região, os materiais de construção disponíveis localmente, e aspetos socioeconómicos são alguns dos fatores que certamente condicionam essas especificidades técnicas construtivas locais. Por exemplo, no Norte de Portugal, em particular, na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, a pedra de granito, a pedra de xisto, a terra argilosa e a madeira são materiais abundantes. O clima da região é caracterizado por apresentar amplitudes térmicas muito acentuadas e gradientes higrométricos muito elevados, anualmente. Por sua vez, a morfologia do terreno tende a ser muito irregular e com inclinações acentuadas. As construções tradicionais desta região foram construídas de modo a serem aptas tecnicamente a estas condicionantes. O facto de muitas delas continuarem em serviço comprova a robustez construtiva que as caracteriza. Os principais tipos de construção tradicional alusivos a esta região são a construção em granito, a construção em xisto e a construção em tabique. Esta diferenciação tipológica construtiva está relacionada com a prevalência do tipo de elementos estruturais verticais característico de cada tipo de construção tradicional. No caso da construção em granito (Figura 1.a), os elementos estruturais verticais principais são as paredes de alvenaria de pedra de granito. Por sua vez, no caso da construção em xisto (Figura 1.b), esses elementos verticais são construídos em pedra de xisto. Em contrapartida, no caso da construção em tabique (Figura 1.c), as paredes exteriores de tabique podem imperar em termos de elementos estruturais verticais principais. Também é frequente encontrar construções tradicionais mistas. Estas últimas são correspondentes a diferentes alternativas das soluções construtivas indicadas anteriormente e combinadas entre si. No caso das construções em tabique, este cenário construtivo é espectável porque geralmente as

paredes exteriores do piso térreo são de alvenaria de pedra (granito, xisto, e granito e xisto) e as paredes exteriores dos pisos superiores são em tabique. Na prática, o exemplo de construção tradicional ilustrada na Figura 1.c é efetivamente uma construção mista porque as paredes exteriores resistentes do piso térreo são de alvenaria de pedra de granito e as do primeiro piso são em tabique. Paralelamente, estes tipos de construção tradicional têm em comum o facto de apresentarem preferencialmente elementos estruturais horizontais (pavimentos, asnas, vigas) de madeira. Este facto, comprova que a pedra natural e a madeira maciça são dois tipos de materiais estruturais naturais compatíveis. A terra argilosa do tipo saibrosa também se destaca como material de construção natural neste contexto. Esta poderá funcionar como uma argamassa terrosa de enchimento e de revestimento, e como uma argamassa terrosa de assentamento. Esta poderá ser aplicada naturalmente ou misturada com uma pequena percentagem de um ligante hidráulico do tipo cal apagada. No contexto da construção em tabique, a aplicação da terra saibrosa é fundamental na construção das paredes pois é o material de enchimento e de revestimento da estrutura de madeira. Na construção em xisto, este material pode ser aplicado como material de assentamento das pedras de xisto e como material de enchimento do “miolo” da parede (espaço existente entre dois panos de alvenaria de pedra de xisto adjacentes).



a) Construção em granito (Chaves)



b) Construção em xisto (Peso da Régua)



c) Construção em tabique (Amarante)

Figura 1. Alguns exemplos de construção tradicional.

### 3. ALGUMAS ESPECIFICIDADES CONSTRUTIVAS

Na perspetiva do desempenho térmico deste tipo de construção tradicional parece ser importante conhecer as respetivas especificidades técnicas construtivas. Este conhecimento irá beneficiar os processos futuros de reabilitação e, em particular, os estudos de reforço térmico necessários desenvolver no âmbito desses processos. Por exemplo, no respeitante a uma parede exterior, o tipo de material de construção utilizado, a existência de juntas de assentamento e respetivo tipo de

refechamento, o tipo de revestimento exterior, a sua espessura, a sua orientação, a existência de vãos de janela ou de porta, o tipo de caixilharia usado nesses vãos e o tipo de material de enchimento, poderão ser alguns detalhes técnicos construtivos relevantes para o desempenho térmico deste tipo de elemento construtivo e, implicitamente, para o comportamento térmico global de um edifício tradicional. Seguidamente, algumas dessas especificidades técnicas construtivas serão divulgadas para a construção em xisto existente no concelho de Peso da Régua. Simultaneamente, também serão divulgados alguns materiais de enchimento tradicionalmente aplicados em paredes exteriores em tabique.

### 3.1. Orientação dos vãos de porta e de janela

No âmbito de um trabalho de investigação desenvolvido no contexto da construção em xisto existente no concelho de Peso da Régua [1] foi possível estudar 56 edifícios deste tipo. A tentativa de perceber se existe uma orientação preferencial dos vãos de porta e de janela foi um dos aspetos técnicos construtivos alvo de estudo. Após a realização de um exaustivo trabalho de campo foi possível aferir a informação disponibilizada na Figura 2.

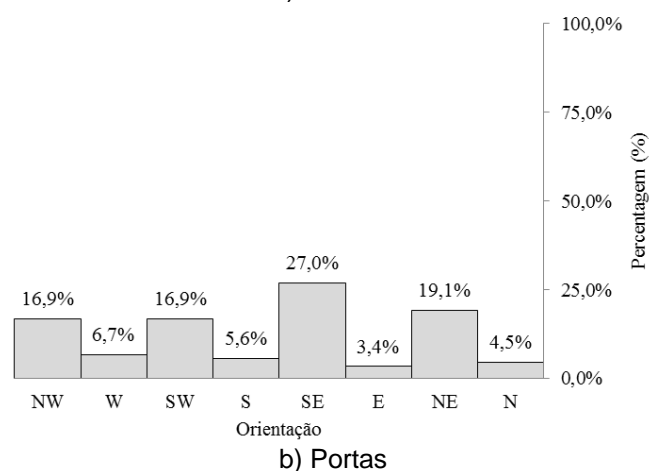
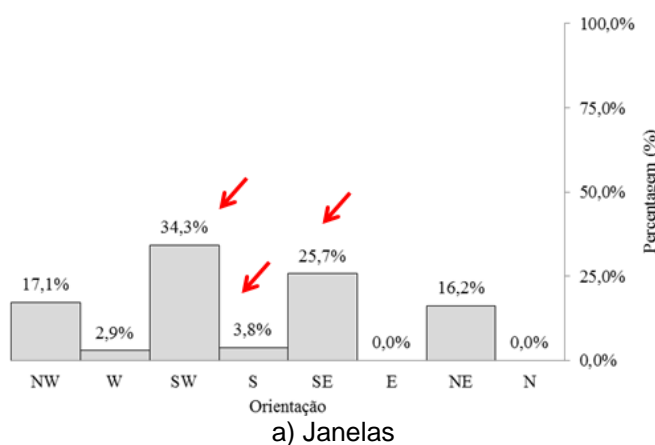


Figura 2. Distribuição da orientação dos vãos de porta e de janela de edifícios em xisto do Peso da Régua.

Esta informação revela que cerca de 63,8% e de 49,5% destes edifícios antigos dispõem de vãos de

janela e de porta preferencialmente orientados no quadrante Sul (SW, S e SE). Deste modo, o garante de uma adequada exposição solar em termos de eficiência de ganho energético passivo parece ser uma prática construtiva tradicional.

### 3.2. Tipo de caixilho de janelas e de corpo de portas

Outro detalhe construtivo alvo de estudo em [1] foi relativo ao tipo de caixilho tradicionalmente adotado na construção das janelas e ao tipo de material tradicionalmente adotado na construção das portas, dos edifícios em xisto antigos do concelho de Peso da Régua. A informação obtida foi conducente a que a madeira maciça é o material de eleição na construção deste tipo de elementos construtivos. Efetivamente, 87% dos edifícios estudados tinham janelas com caixilho de madeira (Figura 3.a) e 73,5% tinham as portas de madeira (Figura 3.b). Alternativamente, o ferro também parece ser uma solução tradicional, atendendo a que 10% dos edifícios apresentavam janelas com caixilho de ferro (Figura 3.a) e 25% desses edifícios tinham portas em ferro (Figura 3.b). Paralelamente, também foram identificados casos pontuais de edifícios em xisto que apresentavam janelas e portas em PVC (3% no caso das janelas e 1,5% no caso das portas, Figura 3). Pensa-se que o cenário construtivo de caixilho e de corpo em ferro seja uma solução mais recente do que a solução de madeira, numa tentativa de aumentar a durabilidade do elemento construtivo. A solução construtiva de PVC é claramente uma solução atual, talvez justificada pela busca de uma solução mais durável e económica em relação à solução tradicional de caixilho e/ou corpo de madeira.

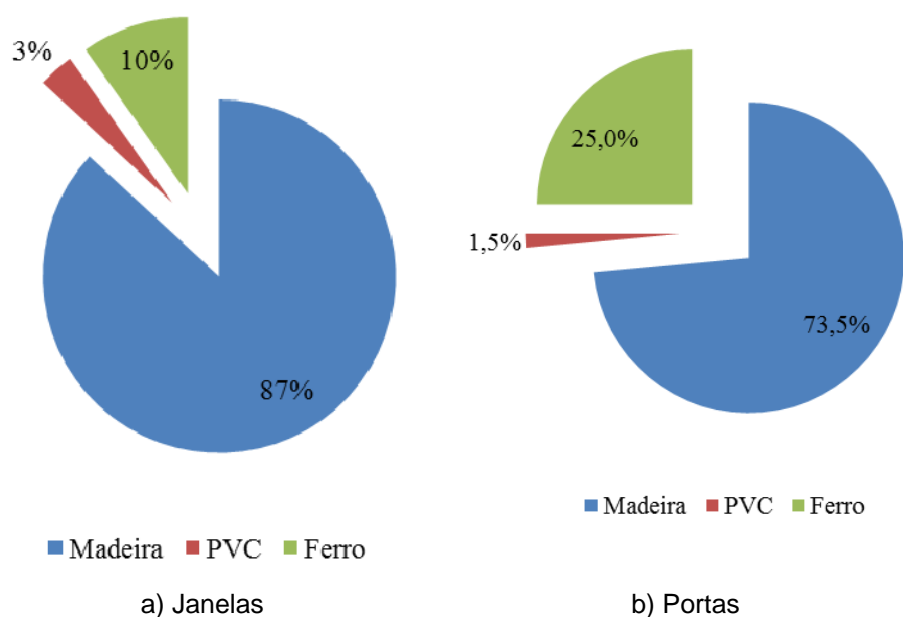


Figura 3. Distribuição do tipo de caixilho ou do corpo de janelas e de portas.

De forma complementar e exemplificativa mostram-se nas Figuras 4 e 5 estas soluções construtivas alusivas aos tipos de caixilho e de corpo de janelas e de portas dos edifícios em xisto antigos estudados no concelho de Peso da Régua.





a) Madeira



b) Ferro



c) PVC

Figura 4. Tipos de caixilho de janelas.



a) Madeira



b) Ferro



c) PVC

Figura 5. Tipos de corpo de portas.

### 3.3. As aberturas nas paredes exteriores

Ainda contextualizado com o trabalho de investigação [1] achou-se ser relevante perceber a relação dimensional existente entre as aberturas (janelas e portas) e a respetiva parede exterior de xisto. A ocorrência de aberturas numa parede exterior poderá proporcionar uma zona de descontinuidade deste tipo de elemento construtivo, quer em termos estruturais, quer em termos térmicos. Nos edifícios em pedra, as aberturas são possíveis de existir graças à utilização de padieiras. Estes são elementos estruturais horizontais que necessitam de apresentar dimensões e propriedades mecânicas suficientes para manter a estabilidade das paredes de alvenaria de pedra. Através do trabalho de campo realizado em [1], foi possível apurar que o valor médio da área dos vãos de janela é  $1,08 \text{ m}^2$ , com um desvio padrão de 0,56 e com um coeficiente de variação de 52%. Por sua vez, para os vãos de portas, determinou-se um valor médio de área de  $2,45 \text{ m}^2$ , com um desvio padrão de 1,08 e um coeficiente de variação de 44%.

Para efeitos informativos, também se procedeu à determinação da relação (R) entre soma da área das aberturas ( $A_a$ ) existentes numa parede exterior de xisto e área dessa parede ( $A_p$ ). Os respetivos dados recolhidos estão disponibilizados na Tabela 1.

Deste modo foi possível estimar o valor médio da relação entre a área total das aberturas e a área de uma parede de xisto em 0,055, com um desvio padrão de 0,017 e com um coeficiente de variação de 32%.

Edifício	Ap (m <sup>2</sup> )	Aa (m <sup>2</sup> )	R	Edifício	Ap (m <sup>2</sup> )	Aa (m <sup>2</sup> )	R
1	141,84	6,14	0,043	25	197,39	7,57	0,038
2	152,44	4,04	0,027	26	43,90	4,10	0,093
4	166,85	6,38	0,038	27	65,51	3,07	0,047
5	159,04	6,32	0,040	28	67,20	2,11	0,031
6	83,30	4,65	0,056	29	48,06	1,86	0,039
7	110,34	6,34	0,057	30	155,53	9,59	0,062
8	88,57	5,79	0,065	31	138,00	3,87	0,028
9	184,61	12,27	0,066	32	171,78	12,22	0,071
10	81,33	4,73	0,058	33	104,81	7,19	0,069
11	80,31	4,06	0,051	35	52,68	2,55	0,048
12	146,38	9,82	0,067	36	154,12	8,56	0,056
13	100,81	7,97	0,079	37	87,66	6,15	0,070
14	57,05	4,73	0,083	38	101,03	3,37	0,033
15	39,32	2,92	0,074	39	51,28	3,72	0,073
17	142,08	11,92	0,084	40	54,32	2,80	0,052
18	435,39	36,61	0,084	41	122,56	5,36	0,044
19	48,87	2,19	0,045	42	112,01	6,67	0,060
20	87,83	3,19	0,036	43	117,38	7,42	0,063
21	158,84	11,16	0,070	44	189,58	12,26	0,065
22	96,51	3,45	0,036	46	79,57	1,63	0,021
23	178,11	13,25	0,074	47	108,77	4,00	0,037
24	90,48	4,53	0,050	48	126,29	5,05	0,040

Tabela 1. Área da parede exterior de xisto (Ap), área total das aberturas (Aa) e relação entre elas (R).

### 3.4. Alguns tipos de material de enchimento tradicionais de paredes exteriores de tabique

Ainda no contexto do desempenho térmico de edifícios tradicionais e, mais especificamente, nos aspetos construtivos que poderão influenciar esse desempenho, diversos trabalhos de investigação desenvolvidos no domínio da construção de tabique existente na região de Trás-os-Montes e Alto Douro [2-5] têm concluído que a aplicação de materiais orgânicos como material de enchimento dos espaços vazios existentes no sistema estrutural de madeira que compõe um elemento construtivo de tabique poderá também ser uma prática construtiva tradicional. Geralmente, esses materiais orgânicos são misturados com a argamassa terrosa. Pensa-se que esta solução construtiva poderá ter diversas funções tais como, reduzir a quantidade de argamassa terrosa a aplicar, reduzir o tempo de mão-de-obra, reforçar a argamassa terrosa tendo em conta que esses materiais orgânicos poderão trabalhar como fibras de reforço da argamassa, permitir a aplicação de um resíduo e, mais importante neste contexto, melhorar o comportamento térmico do elemento construtivo de tabique. É também relevante acrescentar que a argamassa terrosa envolve quase na totalidade a estrutura de madeira e o material orgânico de enchimento (quando é aplicado). Esta particularidade técnica permite garantir uma durabilidade praticamente ilimitada destes materiais orgânicos. Dos materiais orgânicos de enchimento tradicionalmente aplicados nas paredes de tabique identificados destacam-se a palha seca (Figura 6.a), as aparas de madeira, o caroço da espiga de milho (Figura 6.b) e a rama seca da cebola.



a) Palha seca

b) Caroço de espiga de milho

Figura 6. Alguns tipos de material orgânico de enchimento tradicionais de paredes exteriores de tabique.

#### 4. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA EXPERIMENTAL

De forma a aferir experimentalmente o desempenho térmico de elementos construtivos adotou-se a metodologia experimental assente no recurso a um sistema de medição de fluxos de calor. O funcionamento deste sistema é baseado na norma ISO 9869 [6] e pode ser aplicado em obra ou em laboratório.

De acordo com a ISO 9869 [6] a duração mínima de realização de um ensaio é de 72 horas (3 dias) quando a temperatura na envolvente do sistema for estável. Caso contrário, poderá durar mais de 7 dias.

O valor de  $U$  pode ser determinado a partir da variação do fluxo de calor que ocorre através de um elemento construtivo, desde que as temperaturas em ambos os lados desse elemento sejam praticamente estáveis.

Numa situação ideal, as temperaturas interior e exterior devem ser constantes, obtendo-se assim um valor de  $U$  constante. Na prática, essas condições ideais de estabilidade dificilmente ocorrem e, por isso, é necessário ter em consideração tanto as variações de temperatura como as de fluxo de calor para que o valor de  $U$  possa ser calculado com rigor.

Como a maior parte dos elementos construtivos dos edifícios têm uma inércia térmica significativa, as variações de temperatura interior e exterior provocam grandes flutuações no fluxo de calor, tanto em valor, como no sentido.

Por isso, para a determinação de cada valor de  $U$  é necessário efetuar medições de fluxo de calor e de temperaturas durante vários dias.

A duração do período dessas medições depende do tipo de construção, tendo que ser suficiente para que a troca de energia armazenada na estrutura, entre o início e o fim do período de medição, seja relativamente pequena quando comparada com a energia que atravessou a estrutura do elemento durante esse tempo.

Um período de tempo de medição de 14 dias no Inverno é normalmente considerado adequado para soluções construtivas de inércia térmica média/forte. Este tipo de situação ocorre frequentemente em Portugal.

Nos trabalhos de investigação desenvolvidos os dados foram recolhidos em intervalos de tempo de 10 minutos, durante o período considerado adequado a cada uma das soluções construtivas analisadas.

Segundo a norma internacional ISO 9869 [6] podem aplicar-se dois métodos de análise de dados. Esses métodos são o método médio, que é simples e expedito, e o método dinâmico, que é mais sofisticado.

Neste trabalho de investigação não se optou pelo método dinâmico, uma vez que apesar de se diminuir o tempo de realização do ensaio, iria aumentar-se a complexidade dos cálculos, como é



justificado no trabalho de investigação desenvolvido por Laurenti, Marcotullio e Monte [13]. Por esta razão, e por simplificação, foi utilizado o método médio embora ligeiramente adaptado em relação ao prescrito na ISO 9869 [6].

No método médio considera-se que o coeficiente de transmissão térmica pode ser obtido dividindo a média aritmética do fluxo de calor pela média aritmética do gradiente térmico ocorrido entre o interior e o exterior ao longo do período de tempo de ensaio considerado necessário para a obtenção de resultados, a definir em função da inércia térmica do elemento construtivo. Considerando que o índice  $j$  indica uma leitura num determinado instante e  $n$  o número total de leituras registadas ao longo de um ensaio, então obtém-se uma estimativa do coeficiente de transmissão térmica,  $U$ , através da aplicação da Equação 1.

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n q_j}{\sum_{j=1}^n (T_{ij} - T_{ej})} \quad (\text{W/m}^2\text{°C}) \quad (1)$$

Em que:

$q_j$  – Fluxo de calor no instante  $j$ ;

$T_{ij}$  – Temperatura interior no instante  $j$ ;

$T_{ej}$  – Temperatura exterior no instante  $j$ .

A média aritmética das grandezas anteriores é calculada, devendo observar-se uma convergência do valor dessas grandezas para um valor assintótico.

Durante a realização de um ensaio são medidos os parâmetros  $T_{i10(m)}$ ,  $T_{e10(m)}$ ,  $q_{1,10(m)}$  e  $q_{2,10(m)}$  e são calculados  $T_i(n)$ ,  $T_e(n)$ ,  $q_1(n)$  e  $q_2(n)$ .

Seguidamente procede-se ao cálculo do valor de  $U_{\text{médio}}(n)$  que corresponde à média aritmética de  $U_1(n)$  e  $U_2(n)$ , através da Equação 2.

$$U_{\text{médio}}(n) = \frac{U_1(n) + U_2(n)}{2} \quad (\text{W/m}^2\text{°C}) \quad (2)$$

Os valores de  $U_1(n)$  e  $U_2(n)$ , correspondem à aplicação da Expressão 1 para os valores obtidos através do sensor de fluxo 1 e do sensor de fluxo 2.

Na Figura 7, estão apresentados os valores da temperatura interior ( $T_i(n)$ ), da temperatura exterior ( $T_e(n)$ ), e dos fluxos de calor ( $q_1(n)$  e  $q_2(n)$ ), registados durante um dos ensaios a uma parede exterior em tabique simples.

Os valores  $q_1(n)$  e  $q_2(n)$ , correspondem ao fluxo de calor ocorrido na leitura  $n$  efetuada pelo Termo fluxímetro 1 e 2, respetivamente.

Os cálculos foram efetuados de acordo com o procedimento adotado por Sandra Cunha [7].

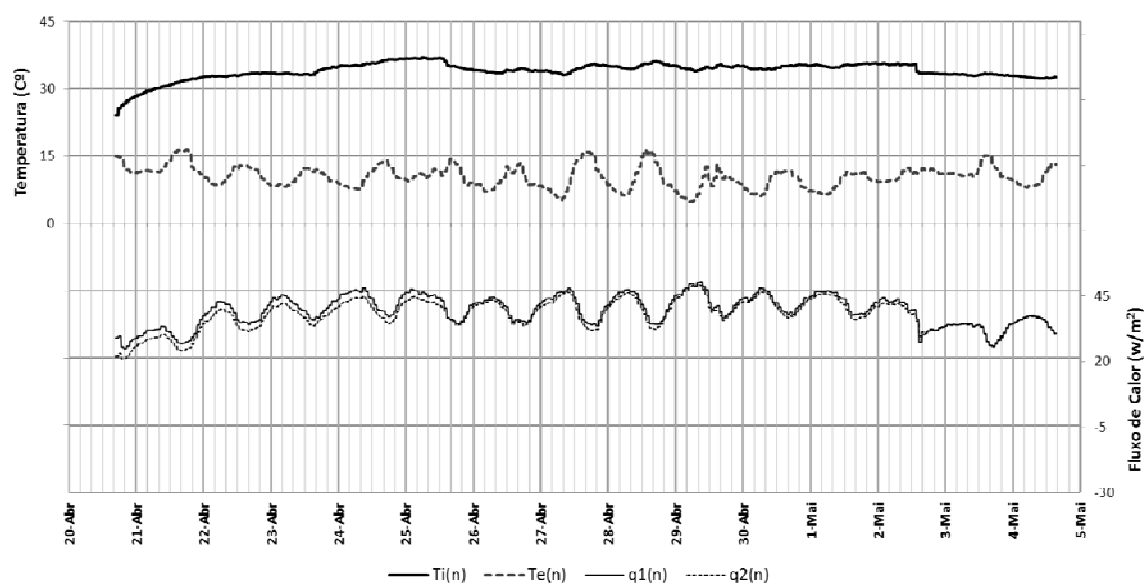


Figura 7. Temperaturas e fluxos de calor (parede exterior em tabique simples, 2012).

A Figura 8 indica também a variação dos valores do coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) da amostra de parede em tabique ocorridos durante a realização do ensaio.

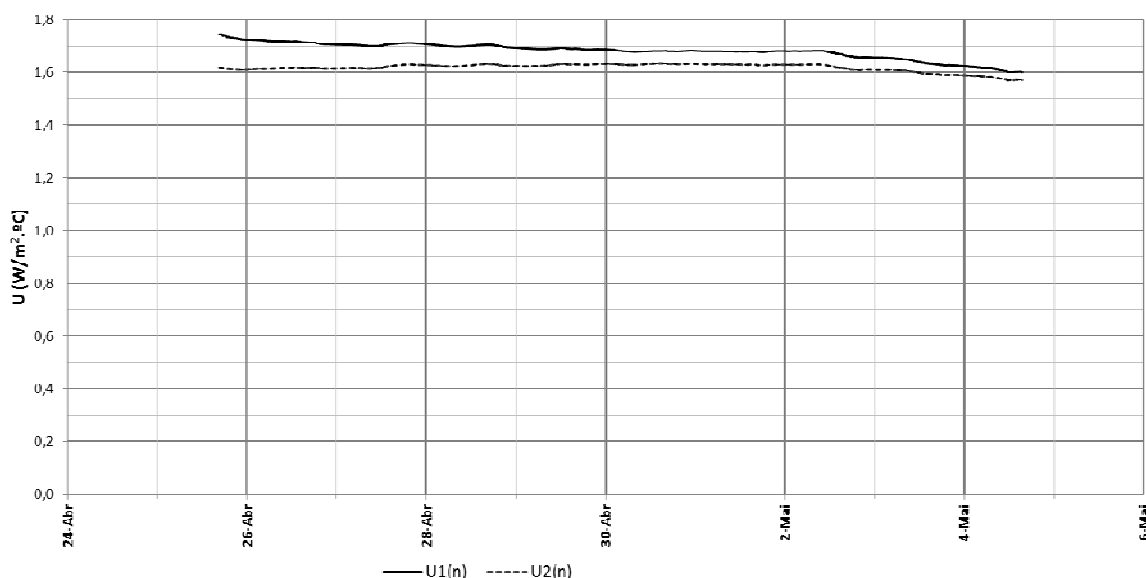


Figura 7. Coeficientes de transmissão térmica (parede exterior em tabique simples, ano de 2012).

## 5. REFLEXÃO SOBRE A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A metodologia experimental descrita anteriormente tem sido aplicada em alguns casos de estudo de construções tradicionais em xisto, em granito e em tabique. Nos casos de estudo relativos às construções tradicionais em xisto e em granito, o desempenho térmico de uma parede exterior de alvenaria de pedra de xisto [8] e o desempenho térmico de paredes de alvenaria de pedra de

granito [9] foram aferidos experimentalmente em obra e com recurso a esta metodologia. Paralelamente, no caso das construções em tabique, e até à presente data, apenas foi possível avaliar o desempenho térmico de modelos de paredes exteriores de tabique em laboratório [10-11]. Paralelamente, esta metodologia experimental também tem sido aplicada com sucesso, em laboratório, no estudo de alguns produtos ou materiais de construção alternativos pensados numa perspetiva de isolamento térmico, de sustentabilidade e de baixo custo. Destes materiais de construção alternativos destacam-se as placas de granulado de caroço de espiga de milho [12-14] e o betão leve não estrutural à base de caroço de espiga de milho [15]. Estes materiais foram inspirados nos materiais de enchimento orgânicos tradicionalmente aplicados nas paredes exteriores de tabique. Com base na experiência adquirida na realização dos trabalhos referenciados anteriormente é possível afirmar que esta metodologia experimental permite avaliar os parâmetros térmicos essenciais à caracterização do comportamento térmico de elementos construtivos tais como a condutibilidade térmica e a resistência térmica. É uma metodologia versátil no sentido que pode ser aplicada em obra e em laboratório, e em elementos construtivos diversificados. Pode ser considerada de aplicação expedita. Contudo, também existem alguns procedimentos experimentais que poderão condicionar a aplicação desta metodologia experimental. A necessidade de se dispor de um fonte de energia elétrica, a duração da realização do ensaio que poderá exceder os 14 dias, o consumo de energia associado à necessidade de aquecimento forçado do compartimento de ensaio, a existência de períodos temporais anuais que poderão ser inadequados à realização deste ensaio, poderão ser alguns desses condicionalismos.

## 6. CONCLUSÕES

O conhecimento dos detalhes construtivos das construções tradicionais é fundamental num processo de reabilitação. Atendendo a que esses detalhes construtivos também poderão influenciar significativamente o desempenho térmico deste tipo de construção, disponibilizou-se neste artigo alguma informação técnica alusiva essencialmente aos edifícios antigos em xisto existentes no concelho de Peso da Régua. Essa informação poderá ser extrapolada para outros tipos de construção tradicional e, também, para construção nova. Ao longo deste documento foi possível deparar com algumas práticas construtivas tradicionais conducentes a soluções eficientes energeticamente. Complementarmente, uma metodologia experimental de avaliação do desempenho térmico de elementos construtivos também foi apresentada. Diversos casos de estudo de aplicação desta metodologia foram referenciados assim como as respetivas vantagens e os respetivos condicionalismos mais importantes.

## REFERÊNCIAS

- [1] Tiago André Nunes Teixeira. *Estudo experimental da pedra de xisto. Dissertação de Mestrado*. UTAD. Vila Real. (2012).
- [2] C. Gonçalves, J. Pinto, J. Vieira, P. Silva, A. Paiva, L. Ramos, P. Tavares, L. Fernandes, J. Lousada, H. Varum, *Tabique construction in the Municipalities Association of the Terra Quente Transmontana. Latest Trends on Cultural Heritage and Tourism. 3rd WSEAS International Conference on Cultural Heritage and Tourism (CUHT '10)*. Corfu Island. Greece. July 22-24, 2010. Editors: V. Miadenov and Z. Bojkovic. Published by WSEAS Press. ISSN: 1792-4308. ISBN: 978-960-474-205-9. pp. 235-240. Also available in CD-ROM: Proceedings of WSEAS International Conferences. Corfu Island. Greece. July 22-24, 2010. WSEAS Multiconference. Editors: N. Mastorakis, V. Miadenov, Z. Bojkovic, P. Dondon, O. Martin, X. Zheng, M. Jha, Z. Bojkovic. Associate Editors: V. Vasek, D. Simian, N. Bardie, G. R. Gillich, R. Cermak. ISSN: 1792-4291. ISBN: 978-960-474-206-6. (2010).
- [3] J. Pinto, H. Varum, A. Cepeda, P. Tavares, J. Lousada, P. Silva & J. Vieira, *Study of the traditional tabique constructions in the Alto Tâmega region. The Sustainable World*. Editor:

- C.A: Brebbia. WIT Press 2011. WIT eLibrary. British Library – ISBN: 978-1-84564-504-5 – ISSN: 1746-448X (print) – ISSN: 1743-3541 (online). pp. 299-307. (2010).
- [4] Cardoso, R.; Damião, C., Paiva, A., Pinto, J., Varum, H., *Caso de estudo de aferição do potencial da aplicação de terra local na reabilitação de construções de tabique*, VII Congresso Internacional de Arquitectura de Tierra: Tradición e Innovación, Grupo Tierra de la Universidad de Valladolid, Proceedings em Livro, ISBN 978-84-694-8107-3, Publicado em Setembro de 2011, pp. 131-140 - Valladolid, Espanha, 25 a 26 de Setembro de 2010. (2010).
  - [5] Rui Cardoso, Anabela Paiva, Jorge Pinto, António Murta, Humberto Varum, Lina Nunes, Luís Ramos. *Building Details of a Tabique Dwelling in Trás-os-Montes e Alto Douro Region*. Proceedings of the XII DBMC – 12th International Conference on Durability of Building Materials and Components. Faculty of Engineering, University of Porto, Porto, Portugal. April 12th-15th, 2011. Volume II. Edited by Vasco Peixoto de Freitas, Helena Carvalho, Michael Lacasse. FEUPedições. ISBN: 978-972-752-132-6. pp. 729-736. Also edited in CD. (2011).
  - [6] ISO 9869, *Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance*, International Organization for Standardization, (1994).
  - [7] Sandra Cristina Alves Pereira da Silva Cunha, *Avaliação e Certificação em Obra da Qualidade Térmica de Edifícios de Habitação*, Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Junho de 2011, Portugal. (2011).
  - [8] Pereira, S., Paiva, A., Teixeira, T., Cunha, V. and Pinto, J., *Energy Rehabilitation of Portuguese Ancient Buildings*, XXXVIII IAHS World Congress on Housing - Visions for the Future of Housing: Mega Cities - Design, Construction, Financing, Management, Housing Projects, 16 a 19 de Abril, Istanbul Technical University, Istambul, Turquia, pp.454-460, ISBN: 978-975-561-417-5, ISBN: 978-975-561-418-2 (DVD-ROM). (2012).
  - [9] António José Silva Fonseca Gonçalves Mendes, *Reabilitação Energética de Edifícios em Xisto do Séc. XIX-XX da Região do Douro*, Dissertação de Mestrado. UTAD. Vila Real. (2011).
  - [10] J. Pinto, R. Cardoso, A. Paiva, S. Cunha, D. Cruz, J. Vieira, J. Louzada, H. Varum., *Caracterização de paredes tradicionais de tabique. Paredes Divisórias 2011. Passado, presente e futuro*. Editado por: Paulo B. Lourenço, Graça Vasconcelos, Paulo Mendonça, Aires Camões, Ricardo Mateus, Luís Bragança, Luís Ramos. Livro de Atas. Chapa 5 – Guimarães. ISBN: 978-972-8692-60-5. pp. 25-35. (2011).
  - [11] Nuno Gabriel Lobo Soares. *Soluções construtivas de revestimento de paredes exteriores de tabique*. Dissertação de Mestrado. UTAD. Vila Real. (2012).
  - [12] A. Paiva, S. Pereira, A. Sá, D. Cruz, H. Varum, J. Pinto, *A contribution to the thermal insulation performance characterization of corn cob particleboards*, *Energy and Buildings* 45, pp.274-279. (2012).
  - [13] Pinto, J., Paiva, A., Varum, H., Costa, A., Cruz, D., Pereira, S., Fernandes, L., Pedro Tavares, P., Agarwal, J., *Corn's cob as a potential ecological thermal insulation material*. *Energy and Buildings*. Elsevier. Volume 43, Issue 8, August 2011, pp: 1985-1990. DOI information: 10.1016/j.enbuild.2011.04.004. (2011).
  - [14] Jorge Pinto, Daniel Cruz, Anabela Paiva, Sandra Pereira, Pedro Tavares, Lisete Fernandes, Humberto Varum. *Characterization of corn cob as a possible raw building material*. *Construction and Building Materials* 34, pp.28-33. (2012).
  - [15] Jorge Pinto, Barbosa Vieira, Hélder Pereira, Carlos Jacinto, Paulo Vilela, Anabela Paiva, Sandra Pereira, Vítor M.C.F. Cunha, Humberto Varum, *Corn cob lightweight concrete for non-structural applications*. *Construction and Building Materials* 34, pp.346-351. (2012).